

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-282413

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.⁶

G 02 B 15/14

7/10

13/18

27/64

G 03 B 5/00

識別記号

F I

G 02 B 15/14

7/10

Z

13/18

27/64

G 03 B 5/00

J

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 21 頁)

(21)出願番号

特願平9-82736

(22)出願日

平成9年(1997)4月1日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 早川 慎吾

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

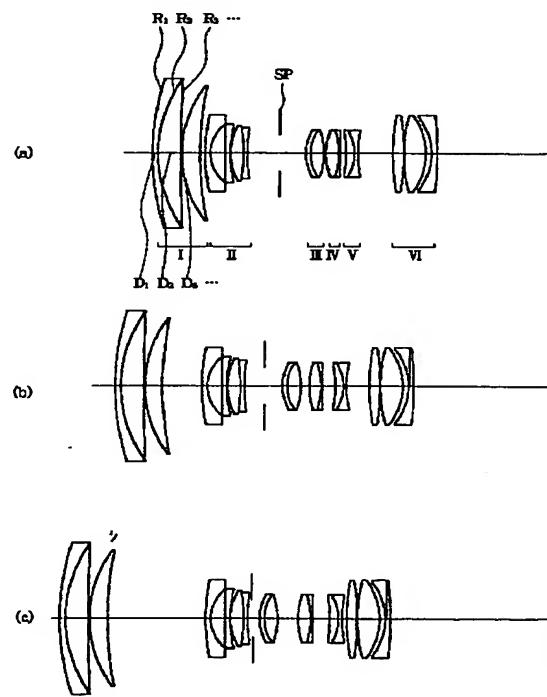
(74)代理人 弁理士 丸島 儀一

(54)【発明の名称】 振動補償機能を有するズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 広角域を包含する変倍ズームレンズで、予期せぬ振動に対する振動補償機能を有する防振ズームレンズの提供を目的とする。

【解決手段】 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正または負の屈折力を有する第4レンズ群、負の屈折力を有する第5レンズ群、正の屈折力を有する第6レンズ群を有し、各レンズ群のレンズ間隔を変えて変倍を行なうとともに、前記第5レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させて振動の補償を行なうズームレンズ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、変倍の際に間隔を変化させる複数のレンズ群より構成され全体として正の屈折力を有する物体側レンズ群と、負の屈折力を有し光軸と略垂直な方向に移動させて振動の補償を行なう中間レンズ群と、正の屈折力を有する像側レンズ群を有し、前記物体側レンズ群を構成する複数のレンズ群の群間隔の他に少なくとも前記中間レンズ群と前記像側レンズ群の群間隔を変化させることによって変倍を行なうことを特徴とする振動補償機能を有するズームレンズ。

【請求項2】 前記物体側レンズ群の中の少なくとも1つのレンズ群を光軸上を移動させることによって焦点調節を行なうことを特徴とする請求項1に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

【請求項3】 光学系全体の広角端、及び望遠端における焦点距離をそれぞれ f_w 、 f_T 、前記物体側レンズ群の広角端、及び望遠端における焦点距離をそれぞれ f_{FW} 、 f_{FT} 、前記中間レンズ群の焦点距離を f_C としたとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1、及び請求項2に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

$$0.7 < (f_{FT}/f_{FW})/(f_T/f_w) < 1.2$$

$$0.2 < |f_C|/(f_w \cdot f_T)^{1/2} < 1.0$$

【請求項4】 前記物体側レンズ群は、少なくとも物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群を有しており、第nレンズ群と第n+1レンズ群の広角端、及び望遠端における光軸上の間隔をそれぞれ D_{nw} 、 D_{nt} 、としたとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1、請求項2、及び請求項3に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

$$D_{nw} < D_{nt}$$

$$D_{nw} > D_{2T}$$

【請求項5】 望遠端において全系の焦点距離を1に規格化し、このときの前記中間レンズ群の望遠端における球面収差係数をそれぞれ I としたとき以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

$$0.3 < I_{ct} < 5.0$$

【請求項6】 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正または負の屈折力を有する第4レンズ群、負の屈折力を有する第5レンズ群、正の屈折力を有する第6レンズ群を有し、少なくとも4つのレンズ群間隔を変えて変倍を行なうとともに、前記第5レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させて振動の補償を行なうことを特徴とする振動補償機能を有するズームレンズ。

【請求項7】 少なくとも前記第2レンズ群を光軸上を

移動させて焦点調節を行なうことを特徴とする請求項6に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

【請求項8】 光学系全体の広角端、及び望遠端における焦点距離をそれぞれ f_w 、 f_T 、前記第1レンズ群から第4レンズ群までの広角端、及び望遠端における焦点距離をそれぞれ f_{FW} 、 f_{FT} 、前記第5レンズ群の焦点距離を f_C としたとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項6、及び請求項7に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

$$0.7 < (f_{FT}/f_{FW})/(f_T/f_w) < 1.2$$

$$0.2 < |f_C|/(f_w \cdot f_T)^{1/2} < 1.0$$

【請求項9】 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の、広角端における軸上の間隔を各々 D_{1w} 、 D_{2w} 、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の望遠端における光軸上の間隔を各々 D_{1T} 、 D_{2T} としたとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項6、請求項7、及び請求項8に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

$$D_{1w} < D_{1T}$$

$$D_{2w} > D_{2T}$$

【請求項10】 前記第5レンズ群と前記第6レンズ群の広角端と望遠端での光軸上の間隔を各々 D_{5w} 、 D_{5T} とした時、

$$D_{5w} > D_{5T}$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項6、7、8に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

【請求項11】 望遠端において全系の焦点距離を1に規格化し、このときの前記第5レンズ群の望遠端における球面収差係数をそれぞれ I としたとき以下の条件式を満足することを特徴とする請求項6、請求項7、請求項8、請求項9に記載の振動補償機能を有するズームレンズ。

$$0.3 < I_{ct} < 5.0$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一眼レフカメラ等に用いるズームレンズに関するものであり、特に広角域から中望遠域に至る焦点距離領域を包含する高い変倍比を持ったズームレンズであって、かつ偶発的な振動による撮影画像のぶれを補償する機構を具備した振動補償機能を有するズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 撮影画面の対角長と略々等しくなる焦点距離を挟んで変倍を行なう標準ズームレンズは現在までに数多く提案されている。変倍を行なうためのレンズ群の構成だけに着目しても、2群構成から3、4、5群構成と様々なものがある。これらのうち、2群構成、あるいは3群構成のものは、レンズ系の小型化には向くものの、高い変倍比を実現するのは困難であった。また4群

構成のものでは、高い光学性能を維持しながら高い変倍比を実現するためには、各レンズ群の移動量を十分に大きくすることやレンズ枚数をある程度多くすることが必要となるという問題があった。そこで、広角域から中望遠域までの焦点距離領域を包含する高い変倍比を持ち、かつコンパクトな構成で高い光学性能を持ったズームレンズを実現するために、5群構成のズームレンズが提案されている。このように移動レンズ群の数を増加させて各レンズ群の間隔を適宜変化させることによって、変倍の際に発生する諸収差の補正が比較的容易となり、ズームレンズの高変倍化が実現できるようになってきている。

【0003】このようにズームレンズのレンズ群を5群構成とすることによって、特に広角域から中望遠域までの焦点距離領域を包含する高い変倍比を持つことに成功した従来例としては、例えば特開昭63-189819号公報や特開昭60-39613号公報がある。

【0004】特開昭63-189819号公報に開示される第1の従来例では、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群、負の屈折力を有する第5レンズ群の全体として5群構成とすることによって、主として変倍比が4倍弱程度のズームレンズを実現している。

【0005】特開昭60-39613号公報に開示される第2の従来例では、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群の全体として5群構成とすることによって、主として変倍比が5倍弱程度のズームレンズを提案している。

【0006】一方、偶発的な振動による撮影画像のぶれを補償する機構を具備したズームレンズとしては、特に光学系を構成するレンズ群の一部を光軸と略垂直な方向に移動させて振動を補償する構成を開示するものとしては、例えば特開平2-35406号公報や特開平8-136862号公報を揚げることができる。

【0007】特開平2-35406号公報に開示される第3の従来例では、主としてレンズシャッターカメラ用の撮影レンズに適用するのに好適な実施形態を開示するものであって、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群より構成される3群ズームレンズの一部のレンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させることによって撮影画像のぶれを補償する構成を開示している。

【0008】特開平8-136862号公報に開示される第4の従来例では、主として一眼レフカメラ用の標準ズームレンズに適用するのに好適な実施形態を開示するものであって、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有

する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群より構成される4群ズームレンズの第2レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させることによって撮影画像のぶれを補償する構成等を開示している。

【0009】

【発明が解決しようとしている課題】前記第1の従来例では、コンパクトな構成で約4倍弱程度の高い変倍比を持ったズームレンズを実現しているが、広角端の焦点距離を十分に短くすることが難しいという問題や、その場合に変倍比が4倍以上となるさらなる高変倍化を実現するのはなかなか難しいという問題があった。

【0010】また前記第2の従来例では、約5倍程度という高い変倍比を持ったズームレンズを実現しているものの、コンパクトな構成を維持しつつ、全変倍域にわたって高い光学性能を発揮させることはなかなか難しいという問題があった。また各レンズ群の残存収差量が多くなる傾向にあって、各レンズ群の位置の変化に伴なって全系の焦点位置や諸収差の変化が多くなって製造上好ましくないという問題もあった。

【0011】一方、従来の振動補償機構を具備した上記従来例のズームレンズにおいても以下の問題があった。

【0012】前記第3の従来例は主としてレンズシャッターカメラに適用する際に好適となるズームレンズの構成に振動補償のための機構を搭載するものであって、ここで開示されたズームレンズの構成を一眼レフカメラの交換レンズに適用する際には、QRミラー（クイックリターンミラー）の駆動スペースを確保するためのバックフォーカスが不足するという問題が発生する。

【0013】また、前記第4の従来例は主として一眼レフカメラの標準ズームレンズに振動補償のための機構を搭載するものではあるが、レンズ群の構成が4群の場合には上述のように高変倍化を実現するのが困難であるという問題があった。この振動補償ズームレンズの開示にもとづいて、上記第2の従来例と組み合わせた振動補償変倍光学系を構成するというのも一つの問題点の解決策ではあるが、この際には新たに焦点調節機構との両立が困難になるという問題が発生する。即ち、上記第2の従来例において第2負レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させて振動を補償する構成を実現したと仮定すると、上記第4の従来例に記載されているように、比較的少ないレンズ群の移動量で十分に大きな振動の補償を実現することができ、振動の補償という観点では装置を比較的小型のものとすることが可能となる。

【0014】しかしながら、上記第2の従来例に記載されるズームレンズにおいて、無限遠方の被写体から近距離の被写体に至るまで焦点調節を行なう際には、例えば特開平5-119260号公報に開示されているように、第2負レンズ群を光軸上を移動させる構成とすると、至近撮影距離を十分に近距離とすることができ、また諸収差の変

動を良好に補正することができるということが知られている。この他の焦点調節の手法としては、第1正レンズ群と第2負レンズ群の両方を光軸上を移動させる構成とするものも知られているが、いずれにしても焦点調節のためには少なくとも第2負レンズ群を光軸上を移動させる構成とすることが第2の従来例のようなズームレンズにおいて望ましい構成となる。

【0015】従って、上記第2の従来例の構成のズームレンズに上記第4の従来例の構成の振動補償機構を適用しようとすると、第2負レンズ群には振動補償機構を具備すると同時に焦点調節機構をも具備することが必要となつて、どうしても装置自体の小型化を実現するための障害となつてしまつ。また、上記第2の従来例の構成のズームレンズにおいては、第2負レンズ群はそのレンズ径が比較的大きくなる傾向にあり、この点においてもこれらの従来例の組み合わせによって、小型で高い変倍比を持ち、さらに振動補償機能を具備したズームレンズを実現するのになかなか困難であった。

【0016】本発明は、高い変倍比を持ちながらも全変倍域にわたつて良好な光学性能を維持するとともに、振動補償（防振）のための機構を具備した際にも装置全体の小型化を可能とし、かつ振動補償時にも良好な画像を得ることの可能なズームレンズを第1の目的とする。

【0017】また本願発明は、撮影距離を十分至近までとっても、常時の収差補正は勿論のこと、振動補償時にも良好な収差補正を可能とするズームレンズの提供を第2の目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明は、物体側より順に、変倍の際に間隔を変化させる複数のレンズ群より構成され全体として正の屈折力を有する物体側レンズ群と、負の屈折力を有し光軸と略垂直な方向に移動させて振動の補償を行なう中間レンズ群と、正の屈折力を有する像側レンズ群の複数のレンズ群より構成されていて、前記物体側レンズ群を構成する複数のレンズ群の間隔の他に少なくとも前記中間レンズ群と前記像側レンズ群の間隔を変化させることによって変倍を行なうことにより、上記課題を解決した振動補償ズームレンズを実現するものである。

【0019】本発明は、このように複数のレンズ群の間隔を変化させながら光軸上を移動させる上記第2の従来例のようなレンズ群の構成のズームレンズを想定し、そのうちの最も像側のレンズ群の屈折力を正、像側から2番目のレンズ群の屈折力を負、これより物体側のレンズ群の合成屈折力を正として、各レンズ群の間隔を適切に変化させることによって広角端から望遠端への変倍を行なうズームレンズを実現し、像側から2番目の負レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させて振動の補償を行なうものである。ここで最も像側のレンズ群の屈折力を正とするのは、特に広角端においてこのレンズ群を像側寄

りに配置してバックフォーカスを十分に長くするためであつて、上述の第2の従来例と類似の構成となつてゐる。

【0020】そして像側から2番目のレンズ群の屈折力を負として、広角端から望遠端への変倍に際してこれらのレンズ群の間隔を変化させることによって、変倍比を十分に大きくするための一助となすとともに変倍に際しての諸収差の変動を良好に補正している。また、これらのレンズ群より物体側に配置されるレンズ群は、全体として正の屈折力を持ち、主として広角端から望遠端への変倍に際して十分に屈折力を変化させる変倍レンズ群として作用させている。このような構成のズームレンズを実現したとき、像側から2番目に配置される負レンズ群はレンズの外径寸法を比較的小さくすることが可能であつて、このレンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させて振動補償を行なう際に比較的装置の小型化の障害になり難いという特長がある。またこのレンズ群は広角端から望遠端への変倍に対する寄与が比較的小ないため、このレンズ群の残存収差量を適宜制御することが可能となるという特徴を持っており、この特徴を利用してズームレンズを構成する各レンズ群の残存収差量を制御することによって、このレンズ群を偏心させた際の諸偏心収差を良好に補正することが可能となる。

【0021】本発明の振動補償ズームレンズは、このようなレンズ群の特徴を利用して、従来より知られている高変倍比ズームレンズとそれを構成する一部のレンズ群を適宜改良することによって、上記課題を解決した振動補償ズームレンズを実現したものである。

【0022】さらに本発明では、前記物体側レンズ群の中の少なくとも1つのレンズ群を光軸上を移動させることによって焦点調節を行なうことにより、至近撮影距離を十分に近距離としながらも諸収差の距離変動を十分に少なくし、かつ振動補償を行なうためにレンズ群を光軸から偏心させた際に発生する諸偏心収差の距離変動も十分に少なくすることができ、装置全体の大型化を極力防止することを可能としている。

【0023】光学系を構成するレンズ群の一部を光軸と略垂直な方向に偏心させて振動の補償を行なう場合に発生する偏心収差は、一般に偏心させるレンズ群へ入射、及びこれから射出する光線の角度と各レンズ群の残存収差に依存する量であつて、これらの光線の角度が変化した際には偏心収差も変化する。この光線の入射角と射出角は一般に光学系の焦点調節状態に応じて変化するが、偏心させるレンズ群より物体側に配置されるレンズ群を焦点調節に用いると、この光線の角度の変化は少なくなつて、無限遠方の物体から至近距離の物体まで焦点調節する際の偏心収差の変動が少なくなるという特徴がある。一方で、上述のように広角域を包含する第2の従来例に開示されるような構成のズームレンズにおいて少なくとも物体側から2番目に配置される負レンズ群を焦点

調節に用いるのが有効となることが知られている。本発明はこれらの原理を組み合わせて適用することによって、焦点調節機構を考慮したときにさらに良好なものとすることができます。

【0024】また、特に本発明では、光学系全体の広角端、及び望遠端における焦点距離をそれぞれ f_w 、 f_T 、前記物体側レンズ群の広角端、及び望遠端における焦点

$$0.7 < (f_T/f_{FW}) / (f_T/f_w) < 1.2 \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$0.2 < |f_c| / (f_w \cdot f_T)^{1/2} < 1.0 \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

【0026】条件式①は、光学系全体の変倍比に対する前記物体側レンズ群の変倍比を規定する式であって、間接的に振動補償のために光軸と略垂直な方向に移動させるレンズ群の変倍への寄与を規定するための式である。また条件式②は、振動補償のために光軸と略垂直な方向に移動させるレンズ群の焦点距離と光学系全体の広角端と望遠端の焦点距離の乗法平均値との比を規定する式であって、振動補償のためのレンズ群の移動量を十分に少なくしながらも十分に大きい振動の補償を可能とするためにレンズ群の偏心敏感度（レンズ群の移動量と像の移動量の比）を十分に大きく設定するための式である。これらの条件式①、及び②を満足することによって本発明は、振動補償のために移動させるレンズ群の移動量を少なくすることが可能となり、装置全体をより小型なものとすることができます。

【0027】さらに本発明は、前記物体側レンズ群は、少なくとも物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群を有しており、第nレンズ群と第n+1レンズ群の広角端、及び望遠端における光軸上の間隔をそれぞれ D_{1w} 、 D_{nT} 、としたとき、以下の条件式を満足する構成としたとき、良好に具現化することが可能となる。

【0028】 $D_{1w} < D_{nT} \dots \dots \dots \textcircled{3}$

$D_{2w} > D_{nT} \dots \dots \dots \textcircled{4}$

【0029】条件式③、及び④は、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔、及び第2レンズ群と第3レンズ群の間隔をそれぞれ広角端から望遠端への変倍に際して適切に変化させることを規定した式であって、前記物体側レンズ群の具体的な構成を規定したものである。本発明は具体的には各レンズ群の屈折力の符号と各レンズ群の間隔変化の様式をこのように設定して、上記の第2の従来例を改良した振動補償ズームレンズを実現している。

【0030】そして本発明をより良好な実施形態として具現化するためには、後に示す実施例に例示されるように、さらに光学系全体を、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正または負の屈折力を有する第4レンズ群、負の屈折力を有する第5レンズ群（前述の中間レンズに相当）、正の屈折力を有する第6レンズ群を有し、少なくとも4つのレンズ間隔を

距離をそれぞれ f_{FW} 、 f_{FT} 、前記中間レンズ群の焦点距離を f_c としたとき、以下の条件式を満足する構成としたとき、振動補償の際に移動させるレンズ群の移動量を十分に少なくしながら大きな角度範囲にわたる振動の補償を可能とし、かつレンズ群の偏心によって発生する諸偏心収差を十分に小さく補正することが可能となる。

【0025】

変え、特には各レンズ群のレンズ間隔を変えて変倍を行い、前記第5レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させて振動の補償を行う様にしている。そして、前述の条件式を満足するようにしている。

【0031】また、少なくとも前記第2レンズ群を光軸上を移動させて焦点調節を行な被写体変動時の収差を良好に補正している。収差図においては、物体距離が無限遠方のときの収差図のみを示しているが、本実施例では、このように第2レンズ群I-Iを物体側に移動させて至近物体に対する焦点調節を行なうことを想定して設計を行なっており、近接撮影も良好に可能となっている。本実施例ではこのように振動補償レンズ群の前方のレンズ群を焦点調節のために移動させていることから、被写体距離が変化しても振動補償レンズに入射する光線の角度は変化が少なく被写体変化による変動収差が軽減できるわけである。

【0032】更に、本願では少なくとも5つのレンズ群を光軸上を移動させて変倍を行なうとともに、以下の条件式を満足するようにすれば良く、このような構成によって、特に比較的コンパクトな構成で、広角域を含む高い変倍比を持った高性能のズームレンズを実現することが可能となる。

【0033】 $D_{5w} > D_{5T} \dots \dots \dots \textcircled{5}$

【0034】条件式⑤は、振動補償のために光軸と略垂直な方向に移動させる第5レンズ群と最も像側に配置される第6レンズ群の間隔を広角端から望遠端への変倍に際して適切に変化させることを規定した式であって、ズームレンズ全体の屈折力配置とあわせてより良好な実施形態を示すものである。本発明の振動補償ズームレンズは、このように全体として6つのレンズ群より構成して、変倍に際して各レンズ群の間隔を上記条件式③、④、⑤で規定されるように変化させ、かつ各レンズ群の残存収差を適切に設定することによって、変倍に際してのみならず、第5レンズ群を偏心させた振動補償状態を含めて諸収差を良好に補正することに成功している。

【0035】また、本発明においてさらに、望遠端において全系の焦点距離を1に規格化し、このときの前記中間レンズ群（第5レンズ群）の望遠端における球面収差係数をそれぞれIとしたとき以下の条件式を満足する構成としたとき、前記中間レンズ群を光軸と略垂直な方向に移動させたときに発生する偏心収差、特に偏心コマ収

差を良好に補正することが可能となって、振動補償を行なった際の画面中心付近の画質の劣化を少なくすることが可能となる。

【0036】

$$0.3 < I_{CT} < 5.0 \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

【0037】条件式 $\textcircled{6}$ は、望遠端において光学系全体の焦点距離を1に規格化したときの前記中間レンズ群の球面収差係数の存在範囲を規定する式であって、本発明の振動補償ズームレンズは、このレンズ群の残存収差をこのように設定することによって、特に望遠端において振動補償時の画質の劣化に著しい影響を与える偏心コマ収差を良好に補正している。もっとも球面収差係数は光学系全体の球面収差を十分に小さく補正するために光学系全体でほぼ零とすることが必要となるため、この他のレンズ群に配分される球面収差係数の和は自動的に決定される。本発明の物体側レンズ群と像側レンズ群の球面収差係数の値はこの条件の下で、中間レンズ群へ入射し射出する近軸光線の換算傾角の大小関係によって適宜配分されれば良く、以下の実施例において示されるように種々の配分例がある。

【0038】中間レンズ群の球面収差係数を上記条件式を満足させるととき、具体的なレンズの構成や形状にはさまざまな実施形態が考えられるのは言うまでもないが、少なくとも負レンズと正レンズで構成することで色収差並びに、球面収差等を良好に補正することが可能となる。本実施例においては、偏芯駆動の際の駆動力を軽減するために、この必要最低限の2枚レンズから構成するとともに、この正レンズと負レンズとを貼り合わせにして構成している。

【0039】このように本発明では、全体として6群構成の実施形態を作成して上記の条件式 $\textcircled{6}$ を満足する構成を実現し、振動補償を行なうために中間レンズ群を光軸と略垂直な方向に偏心させた際に発生する偏心収差、特に偏心コマ収差を良好に補正することに成功している。

【0040】光学系の一部のレンズ群が光軸と垂直な方向に偏心した際に発生する偏心収差については、「光学」第24巻の第12号(1995年12月)等に開示されている。

【0041】光学系の基準軸に対して横に変位する形の偏心Eによって発生する像面上の収差成分 $\Delta Y(E)$ 、 $\Delta Z(E)$ は、物点の位置を表わす画角を ω 、入射瞳上の光線の入射位置を表わす極座標を (R, ϕ) とするとき、次のような形で表わされる。

$$\Delta Y(E) = - (E/2\alpha') [(\Delta E) + \tan^2 \omega \{3(VE1) - (VE2)\} + 2R \cos \phi \tan \omega \{3(III E) + (PE)\} + R^2(2 + \cos 2\phi)(II E)]$$

$$\Delta Z(E) = - (E/2\alpha') [2R \sin \phi \tan \omega \{3(III E) + (PE)\} + R^2 \sin 2\phi (II E)]$$

【0043】これらの式の右辺にある α' は光学系の像空間における物体近軸光線の値、また (ΔE) 、 $(VE$

1)、 $(VE2)$ 、 $(III E)$ 、 (PE) 、 $(II E)$ は偏心収差係数と呼ばれる光学系の構造によって決まる定数である。これらの偏心収差係数の値に関係するのは光学系の中の偏心するエレメントとその後方に位置する部分で、偏心するエレメントより前方の部分は全く関係しない。そこで図13に示すように、光学系の中の偏心する部分をエレメントA、その後方の部分をエレメントBと呼ぶことにすると偏心収差係数の値はエレメントAの前後の近軸追跡値とエレメントA、Bそれぞれの3次収差係数の値を用いて次のように表わされる。なお近軸追跡値 α_A 、 α'_A 、 α_A' 、 α'_A は、それぞれ物体近軸光線と瞳近軸光線(下にbarを付した量は瞳近軸光線に関するものであることを示す)が偏心するエレメントの前後の空間で光軸となす角度を表わすものとする。

$$【0044】(\Delta E) = -2(\alpha'_A - \alpha_A)$$

$$(VE1) = \{\alpha'_A V_B - \alpha_A (V_A + V_B)\} - \{\alpha'_A I_{II B} - \alpha_A (I_{II A} + I_{II B})\}$$

$$(VE2) = \alpha'_A P_B - \alpha_A (P_A + P_B)$$

$$(III E) = \{\alpha'_A I_{II B} - \alpha_A (I_{II A} + I_{II B})\} - \{\alpha'_A I_{II B} - \alpha_A (I_{II A} + I_{II B})\}$$

$$(PE) = \alpha'_A P_B - \alpha_A (P_A + P_B)$$

$$(II E) = \{\alpha'_A I_{II B} - \alpha_A (I_{II A} + I_{II B})\} - \{\alpha'_A I_{II B} - \alpha_A (I_{II A} + I_{II B})\}$$

ここで、 (ΔE) は原点移動、 $(VE1)$ は偏心歪曲収差、 $(VE2)$ は偏心歪曲附加収差、 $(III E)$ は偏心非点収差、 (PE) は偏心像面湾曲、 $(II E)$ は偏心コマ収差をそれぞれ表わす偏心収差係数である。

【0045】本発明の振動補償ズームレンズは、上述のような構成とすることによって、このように特徴づけられる偏心収差の発生を十分に小さく補正して上記本発明の課題を解決したものである。

【0046】

【発明の実施の形態】図1、図3、図6、図10は、後述の数値実施例1から4のレンズ断面図である。

【0047】図2、図4、図7、図11は、各数値実施例の基準状態の収差を各々示す。

【0048】図3、図5、図8、図12は、振れ角 0.5° の傾きを補正した状態の収差図を示している。尚、図面において、(a) (b) (c)は、広角端、中間焦点距離、望遠端の収差図を示している。

【0049】各レンズ断面図において、Iは正の屈折力を有する第1レンズ群、IIは負の屈折力を有する第2レンズ群、IIIは正の屈折力を有する第3レンズ群、IVは正あるいは負の屈折力を有する第4レンズ群、Vは負の屈折力を有する第5レンズ群、VIは正の屈折力を有する第6レンズ群を表わしている。SPは開口絞りで、本実施例において開口絞りSPは第4レンズ群IVと一体となっている。

【0050】本実施例においては、広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群のレンズ間隔を変えてい

る。尚、本実施例においては、第1レンズ群Iから第4レンズ群IVまでが本発明の物体側レンズ群に相当し、第5レンズ群Vが中間レンズ群に相当し、第6レンズ群VIが像側レンズ群に相当しており、第5レンズ群Vを光軸と垂直な方向に移動させて振動の補償（防振）を行なうように構成している。

【0051】本実施例のズームレンズは、図1(a)に広角端、図1(b)に中間焦点距離、図1(c)に望遠端のそれぞれの場合の光学配置を示すように、広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を本発明の条件に則って適切に変化させる構成としている。

【0052】特に、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸上のレンズ間隔が望遠端にいくにつれ大きく、第2レンズ群と第3レンズ群の光軸上のレンズ間隔が望遠端にいくにつれ小さくなるように、少なくとも第1レンズ群と第3レンズ群を物体側に移動させ、また、第5レンズ群と第6レンズ群の光軸上のレンズ間隔が望遠端にいくにつれ大きくなるように少なくとも第6レンズ群を物体側に移動させるようにしている。

【0053】また、本実施例では変倍の際に第3レンズ群IIIと第6レンズ群VIを一体的に移動させる構成として、移動機構の簡略化も図っている。また、本実施例では第6レンズ群VIのうちの1つのレンズ面に非球面を用いて諸収差をさらに良好に補正している。

【0054】以上に開示したように本発明の各実施例では、いずれも本発明の構成を満足することによって、前記の課題を解決して高変倍比を持ち、高性能でコンパクトなズームレンズを実現している。

【0055】以上の4つの実施例においては、諸収差をより良好に補正するためにズームレンズを全体として6つのレンズ群より構成して変倍の際に各レンズ群の間隔

をすべて変化させているが、レンズ鏡筒構造の簡略化を図るために上記のレンズ群のうち例えば第4レンズ群IVと第5レンズ群Vを変倍の際には一体的に移動させる構成とすることもできる。また、本発明の物体側レンズ群は上記の中間レンズ群（第5レンズ群）の望遠端における球面収差系数 I_{cr} の値をより良好にコントロールするため、上記の実施例においては4つのレンズ群より構成したものを開示したが、より簡略な構成とすることを優先し、例えば物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群の3つのレンズ群より構成することも考えられる。この他、非球面を各レンズ群中に適宜設定することや各レンズ群の構成枚数を適宜増減させることなど、ズームレンズの諸収差の補正のための公知の手法を適用した変形例としてはさまざまなものが考えられる。

【0056】以下に本発明の数値実施例を示す。

【0057】各数値実施例において*印の付されているレンズ面は非球面を表わしており、非球面の形状は次式によって表わすものとする。

【0058】ここで、 r_i は物体側より第*i*番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側から第*i*番目のレンズ厚又は空気間隔、 n_i と v_i は第*i*番目のレンズの屈折率とアッペ数である。なお、*印を付したレンズ面は非球面を表しており、非球面の形状は次式によって表すものとする。

【0059】 $X = (1/R) Y^2 / [1 + \{1 - (Y/R)^2\}^{1/2}] + B Y^4 + C Y^6 + D Y^8 + E Y^{10}$

【0060】

【外1】

(実施例1)

		$f=28.89 \sim 131.14$	$F_w=3.60 \sim 5.75$	
r 1=	111.994	d 1= 2.00	n 1= 1.84666	ν 1= 23.8
r 2=	53.844	d 2= 8.00	n 2= 1.69680	ν 2= 55.5
r 3=	459.765	d 3= 0.20		
r 4=	47.062	d 4= 6.20	n 3= 1.71300	ν 3= 53.8
r 5=	123.091	d 5= 可変		
r 6=	96.212	d 6= 1.20	n 4= 1.83481	ν 4= 42.7
r 7=	14.259	d 7= 5.80		
r 8=	-68.032	d 8= 1.10	n 5= 1.80400	ν 5= 46.6
r 9=	52.671	d 9= 0.20		
r10=	24.884	d10= 4.60	n 6= 1.84666	ν 6= 23.8
r11=	-49.424	d11= 0.30		
r12=	-38.098	d12= 1.10	n 7= 1.83481	ν 7= 42.7
r13=	67.110	d13= 可変		
r14=		d14= 可変		
r15=	26.756	d15= 1.00	n 8= 1.84666	ν 8= 23.8
r16=	15.780	d16= 5.00	n 9= 1.60311	ν 9= 60.7
r17=	-39.386	d17= 可変		
r18=	28.082	d18= 3.90	n10= 1.51742	ν 10= 52.4
r19=	-28.520	d19= 1.00	n11= 1.83481	ν 11= 42.7
r20=	1182.852	d20= 可変		
r21=	-51.345	d21= 3.20	n12= 1.80518	ν 12= 25.4
r22=	-15.219	d22= 1.00	n13= 1.70154	ν 13= 41.2
r23=	50.487	d23= 可変		
r24=	101.396	d24= 3.50	n14= 1.72342	ν 14= 38.0
r25=	-118.885	d25= 0.20		
r26=	57.922	d26= 7.80	n15= 1.58313	ν 15= 59.4
*r27=	-23.956	d27= 2.00		
r28=	-25.378	d28= 1.80	n16= 1.84666	ν 16= 23.8
r29=	-197.498			

焦点距離 可変間隔	28.89	50.00	131.14
d 5	2.00	13.78	33.50
d 13	11.40	6.97	1.40
d 14	8.90	6.29	2.34
d 17	0.80	3.41	7.36
d 20	1.80	3.74	5.90
d 23	12.50	7.95	1.84

非球面係数 R27面 B 1.29656D-05 C 1.07517D-08 D -3.30087D-11 E 8.80605D-14

$(f_n/f_w)/(f_t/f_w) = 0.965$ $|f_d|/(f_w-f_t)^{1/2} = 0.705$

$I_{n1} = 0.916$ (第1～4群の望遠端の球面収差係数)

$I_{n2} = 1.090$

$I_{n3} = -2.299$ (第5群の球面収差係数)

【0061】

【外2】

(実施例2)

f=28.84~131.13				$f_{n0}=3.60 \sim 5.25$
r 1=	104.863	d 1=	2.00	$n 1= 1.84666$
r 2=	49.113	d 2=	10.30	$n 2= 1.69680$
r 3=	946.189	d 3=	0.20	$n 3= 1.71300$
r 4=	50.301	d 4=	6.00	$n 4= 1.83481$
r 5=	134.724	d 5= 可変		$n 5= 46.6$
r 6=	76.452	d 6=	1.20	$n 6= 23.8$
r 7=	14.204	d 7=	6.20	$n 7= 55.5$
r 8=	-43.411	d 8=	1.10	$n 8= 53.8$
r 9=	61.071	d 9=	0.20	$n 9= 42.7$
r10=	28.872	d10=	4.60	$n 10= 23.8$
r11=	-32.787	d11=	0.60	$n 11= 42.7$
r12=	-25.389	d12=	1.10	$n 12= 42.7$
r13=	198.265	d13= 可変		$n 13= 38.0$
r14=		(絞り) d14=	1.00	$n 14= 55.3$
r15=	24.886	d15=	1.00	$n 15= 23.8$
r16=	16.119	d16=	5.00	$n 16= 37.2$
r17=	-37.542	d17= 可変		$n 17= 59.4$
r18=	40.877	d18=	4.20	$n 18= 41.5$
r19=	-17.973	d19=	1.00	$n 19= 25.4$
r20=	-331.286	d20= 可変		$n 20= 38.0$
r21=	-55.783	d21=	3.00	$n 21= 25.4$
r22=	-14.687	d22=	1.00	$n 22= 55.3$
r23=	53.447	d23= 可変		$n 23= 38.0$
r24=	43.806	d24=	8.40	$n 24= 1.67790$
*r25=	-26.334	d25=	4.20	$n 25= 1.84666$
r26=	-22.119	d26=	2.00	$n 26= 1.84666$
r27=	-46.816			$n 27= 23.8$

焦点距離 可変間隔	28.84	50.00	131.13
d 5	2.00	14.27	31.97
d 13	16.80	10.34	1.33
d 17	1.00	2.63	8.61
d 20	1.50	3.39	3.52
d 23	12.50	8.98	1.41

非球面係数 R25面 B 7.43018D-06 C 1.00510D-08 D -5.25021D-11 E 7.39950D-14
 $(f_n/f_n)/(f_r/f_r) = 0.976$ $|f_d|/(f_r \cdot f_r)^{1/2} = 0.717$
 $I_{n0} = 0.146$
 $I_{r0} = 0.964$
 $I_{d0} = -1.081$

【0062】

【外3】

(実施例3)

		$f=28.89 \sim 131.16$	$F_w=3.60 \sim 5.31$	
$r 1=$	129.198	$d 1=$ 2.00	$n 1=$ 1.84666	$\nu 1=$ 23.8
$r 2=$	53.324	$d 2=$ 8.70	$n 2=$ 1.69680	$\nu 2=$ 55.5
$r 3=$	1022.702	$d 3=$ 0.20	$n 3=$ 1.71300	$\nu 3=$ 53.8
$r 4=$	45.811	$d 4=$ 6.40	$n 4=$ 1.83481	$\nu 4=$ 42.7
$r 5=$	125.428	$d 5=$ 可変	$n 5=$ 1.80400	$\nu 5=$ 46.6
$r 6=$	46.368	$d 6=$ 1.20	$n 6=$ 1.84666	$\nu 6=$ 23.8
$r 7=$	13.936	$d 7=$ 5.80	$n 7=$ 1.83481	$\nu 7=$ 42.7
$r 8=$	-46.740	$d 8=$ 1.10	$n 8=$ 1.83400	$\nu 8=$ 37.2
$r 9=$	56.139	$d 9=$ 0.20	$n 9=$ 1.58313	$\nu 9=$ 59.4
$r 10=$	28.449	$d 10=$ 4.80	$n 10=$ 1.48749	$\nu 10=$ 70.2
$r 11=$	-37.790	$d 11=$ 0.50	$n 11=$ 1.83400	$\nu 11=$ 37.2
$r 12=$	-29.763	$d 12=$ 1.10	$n 12=$ 1.83481	$\nu 12=$ 53.8
$r 13=$	125.491	$d 13=$ 可変	$n 13=$ 1.83400	$\nu 13=$ 55.3
$r 14=$	(校り)		$n 14=$ 1.83400	$\nu 14=$ 55.3
$r 15=$	21.833	$d 15=$ 1.00	$n 15=$ 1.83400	$\nu 15=$ 70.2
$r 16=$	13.310	$d 16=$ 5.20	$n 16=$ 1.83481	$\nu 16=$ 42.7
$*r 17=$	-34.660	$d 17=$ 可変	$n 17=$ 1.83400	$\nu 17=$ 37.2
$r 18=$	28.732	$d 18=$ 3.80	$n 18=$ 1.83400	$\nu 18=$ 53.8
$r 19=$	-23.595	$d 19=$ 1.00	$n 19=$ 1.83481	$\nu 19=$ 42.7
$r 20=$	174.342	$d 20=$ 可変	$n 20=$ 1.83400	$\nu 20=$ 23.8
$r 21=$	-46.268	$d 21=$ 3.10	$n 21=$ 1.83400	$\nu 21=$ 37.2
$r 22=$	-14.972	$d 22=$ 1.00	$n 22=$ 1.83481	$\nu 22=$ 53.8
$r 23=$	57.180	$d 23=$ 可変	$n 23=$ 1.83400	$\nu 23=$ 55.3
$r 24=$	61.205	$d 24=$ 7.60	$n 24=$ 1.67790	$\nu 24=$ 37.2
$*r 25=$	-29.212	$d 25=$ 0.20	$n 25=$ 1.83400	$\nu 25=$ 53.8
$r 26=$	93.781	$d 26=$ 3.50	$n 26=$ 1.83481	$\nu 26=$ 42.7
$r 27=$	-123.409	$d 27=$ 4.00	$n 27=$ 1.83400	$\nu 27=$ 23.8
$r 28=$	-25.390	$d 28=$ 2.00	$n 28=$ 1.83481	$\nu 28=$ 37.2
$r 29=$	-73.217			

焦点距離 可変間隔	28.89	50.00	131.16
$d 5$	2.00	15.26	32.49
$d 13$	17.00	11.52	1.99
$d 17$	1.00	3.24	5.03
$d 20$	1.80	3.98	6.81
$d 23$	11.50	7.08	1.75

非球面係数 R17面 $B 3.69694D-06$ $C -1.18710D-08$ $D 1.25888D-12$ $E -1.74005D-12$
 R25面 $B 2.98300D-06$ $C 1.26182D-08$ $D -5.16713D-11$ $E 8.75754D-14$

$(f_n/f_w)/(f_r/f_w) = 0.990$ $|f_n|/(f_r + f_w)^{1/2} = 0.718$
 $f_n = -2.089$ $f_r = 1.481$ $f_w = 0.592$

(実施例4)

	$f=28.85 \sim 131.18$	$F_w=4.00 \sim 5.66$	
r 1=	86.130	d 1= 2.00	n 1= 1.84666
r 2=	47.978	d 2= 8.70	n 2= 1.62299
r 3=	224.073	d 3= 0.20	n 3= 1.71300
r 4=	45.524	d 4= 7.00	n 4= 1.83400
r 5=	133.141	d 5= 可変	n 5= 1.84666
r 6=	76.152	d 6= 1.20	n 6= 1.83400
r 7=	13.607	d 7= 5.90	n 7= 1.71300
r 8=	-59.519	d 8= 1.10	n 8= 1.80400
r 9=	46.879	d 9= 0.20	n 9= 1.60311
r10=	23.797	d10= 4.50	n10= 1.84666
r11=	-48.376	d11= 0.50	n11= 1.77250
r12=	-35.278	d12= 1.00	n12= 1.77250
r13=	64.416	d13= 可変	n13= 49.6
r14=	(校り)	d14= 0.50	
r15=	26.714	d15= 1.00	n 8= 1.84666
r16=	15.581	d16= 4.20	n 9= 60.7
r17=	-46.708	d17= 可変	
r18=	28.636	d18= 3.60	n10= 1.51742
r19=	-26.013	d19= 1.00	n11= 1.83481
r20=	-375.586	d20= 可変	
r21=	-48.925	d21= 3.10	n12= 1.84666
r22=	-15.457	d22= 1.00	n13= 1.72342
r23=	56.510	d23= 可変	
r24=	124.280	d24= 4.30	n14= 1.58313
*r25=	-35.522	d25= 0.20	
r26=	43.139	d26= 8.00	n15= 1.51742
r27=	-26.719	d27= 2.40	n16= 1.80518
r28=	-25.599	d28= 1.40	n17= 25.4
r29=	224.920		

焦点距離 可変間隔	28.89	50.00	131.18
d 5	2.00	13.23	33.51
d 13	17.50	11.67	2.54
d 17	1.00	6.08	4.45
d 20	1.50	3.78	7.04
d 23	11.50	6.13	2.51

非球面係数 R27面 $B 8.12554D-06$ $C 2.37589D-08$ $D -4.61167D-11$ $E 3.27083D-13$

$(f_{rr}/f_{rw})/(f_r/f_w) = 0.968$

$I_{rr} = -0.155$

$I_{rw} = 1.661$

$I_{rw} = -1.524$

$|f_r|/(f_r \cdot f_w)^{1/2} = 0.725$

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、広角域から中望遠域に及ぶ高い変倍比を持ちながらも全変倍域にわたって良好な光学性能を実現し、かつ振動補償を行なった際にも良好な画像を得ると同時に装置全体の小型化を可能とする振動補償ズームレンズを実現することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に関する第1実施例の振動補償ズームレンズの断面図。

【図2】数値実施例1の基準状態における諸収差図。

【図3】数値実施例1の振動補償時の諸収差図。

【図4】本発明に関する第2実施例の振動補償ズームレンズの断面図。

【図5】数値実施例2の基準状態における諸収差図。

【図6】数値実施例2の振動補償時の諸収差図。

【図7】本発明に関する第3実施例の振動補償ズームレンズの断面図。

【図8】数値実施例3の基準状態における諸収差図。

【図9】数値実施例3の振動補償時の諸収差図。

【図10】本発明に関する第4実施例の振動補償ズームレンズの断面図。

【図11】数値実施例4の基準状態における諸収差図。

【図12】数値実施例4の振動補償時の諸収差図。

【図13】偏心のある光学系の収差についての説明図。

【符号の説明】

I 第1レンズ群

I I 第2レンズ群

I I I 第3レンズ群

I V 第4レンズ群

V 第5レンズ群

V I 第6レンズ群

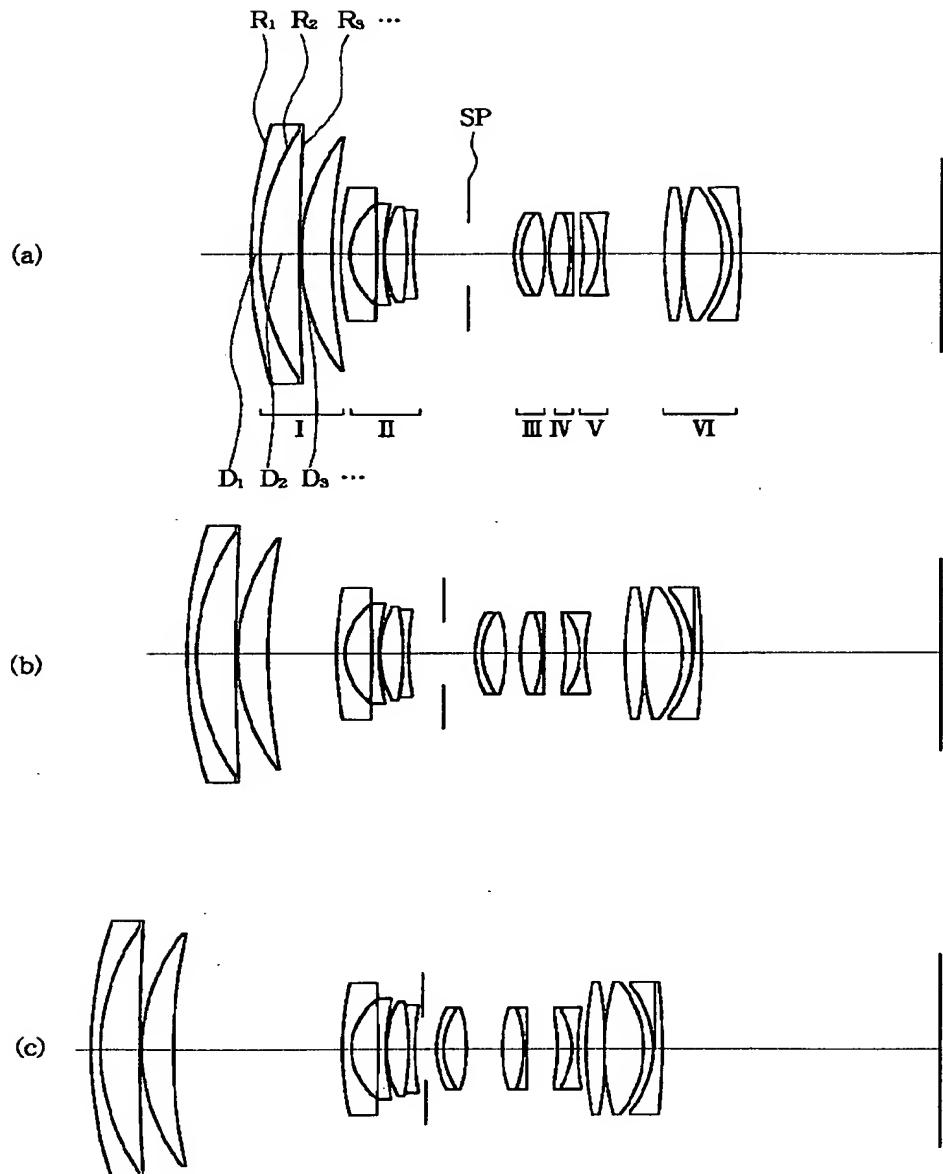
△s サジタル像面

△m メリディオナル像面

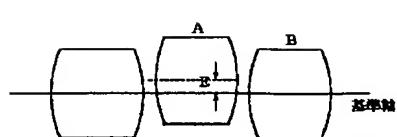
d d線

g g線

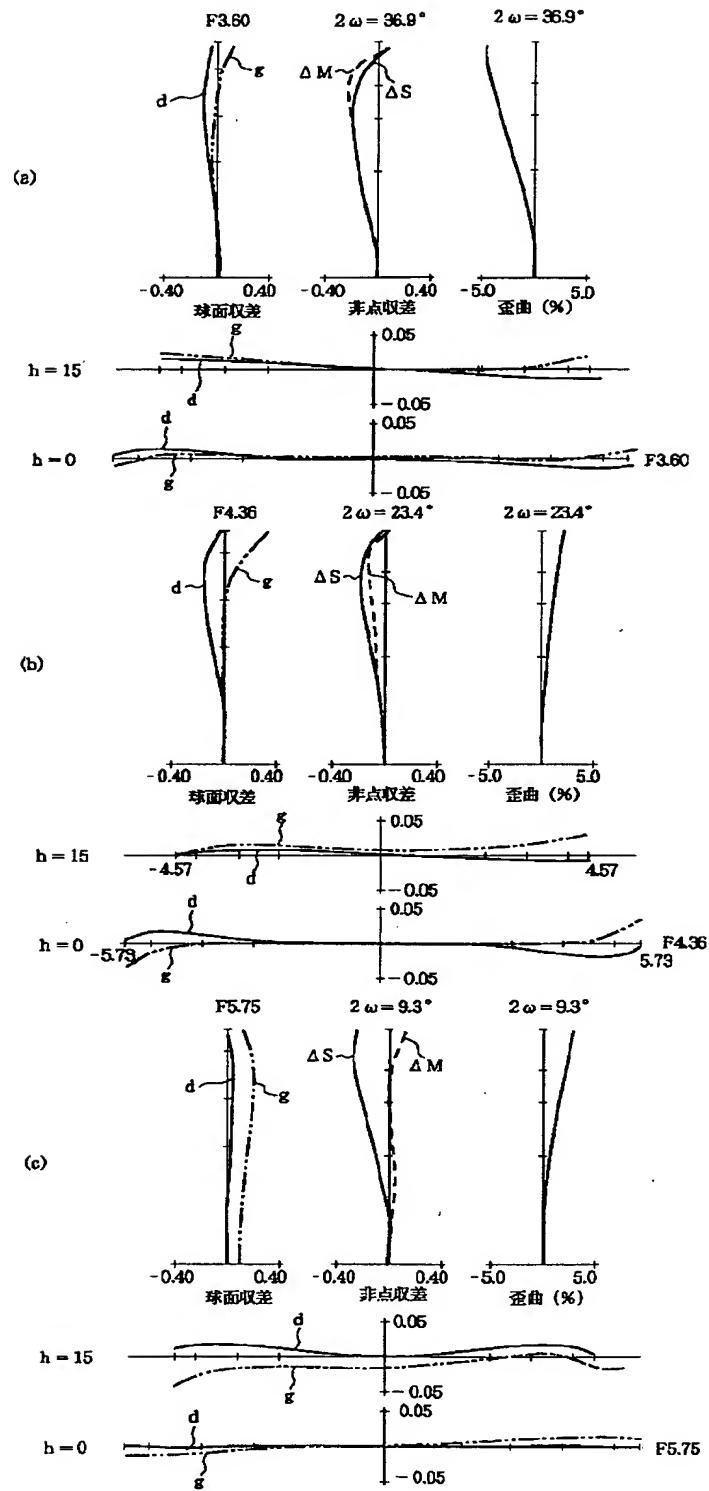
【図1】



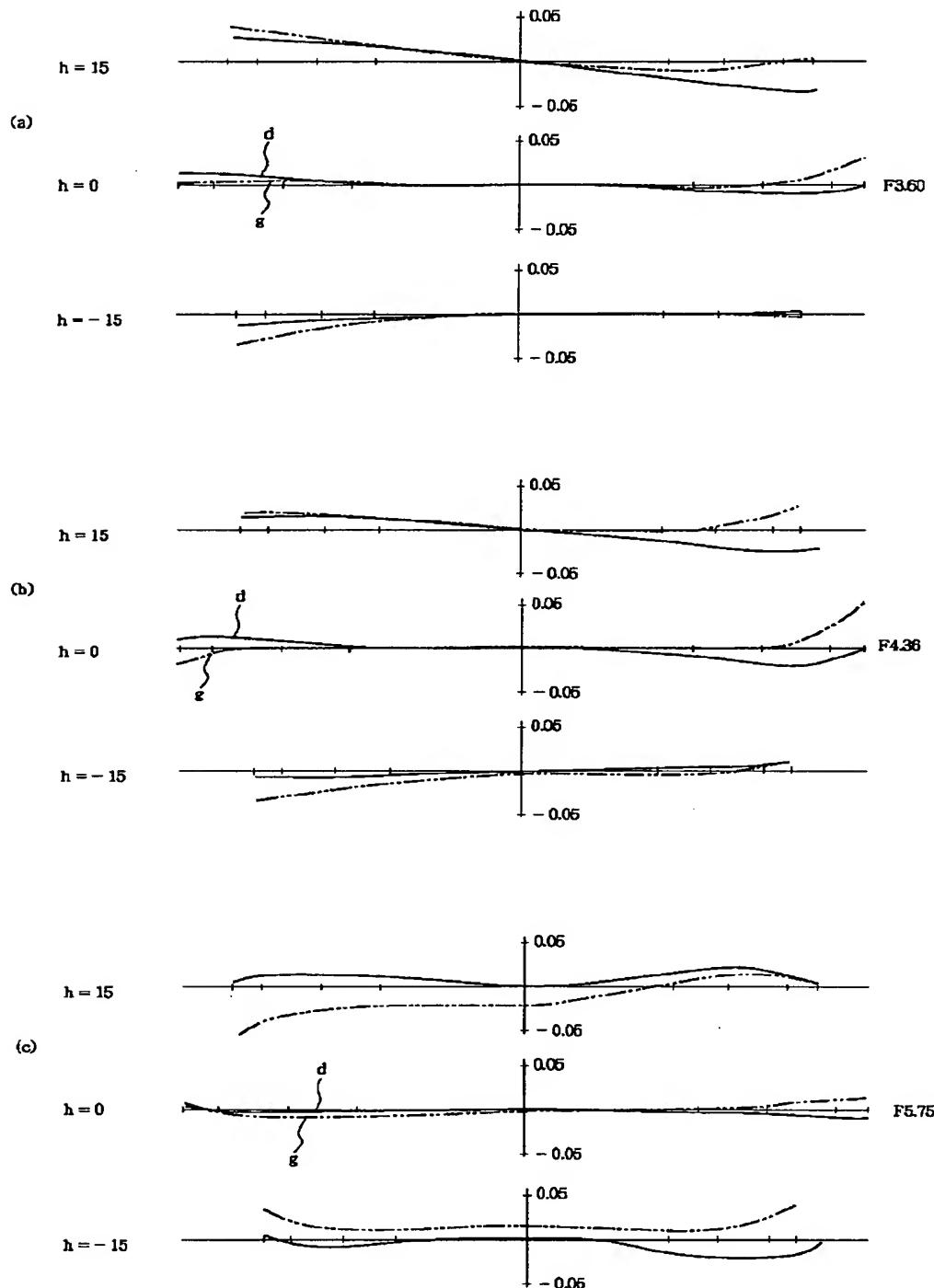
【図13】



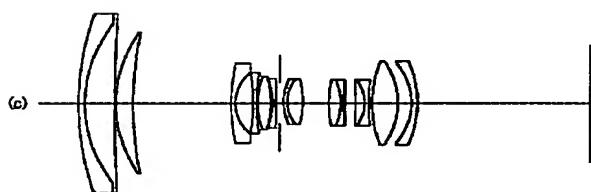
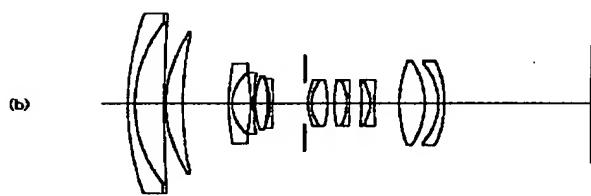
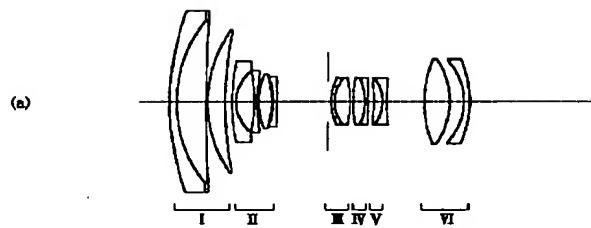
【図2】



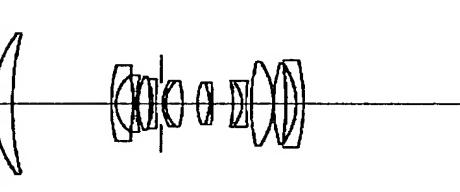
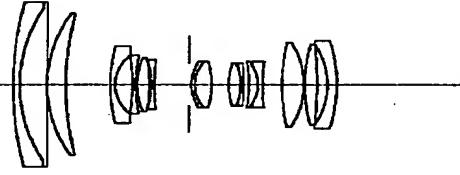
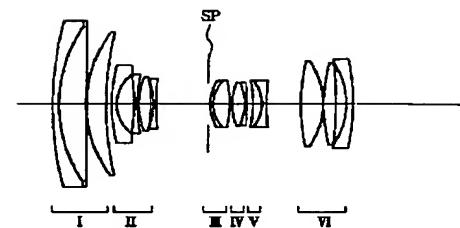
【図3】



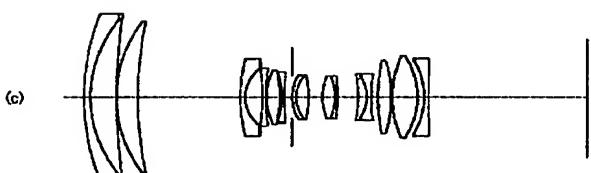
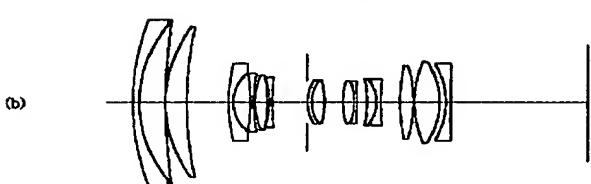
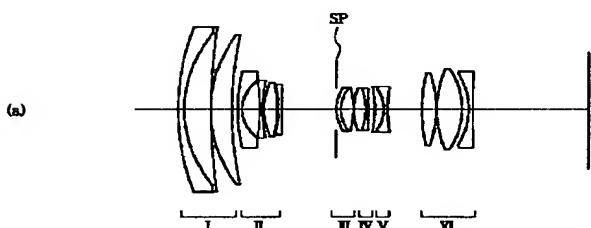
【図4】



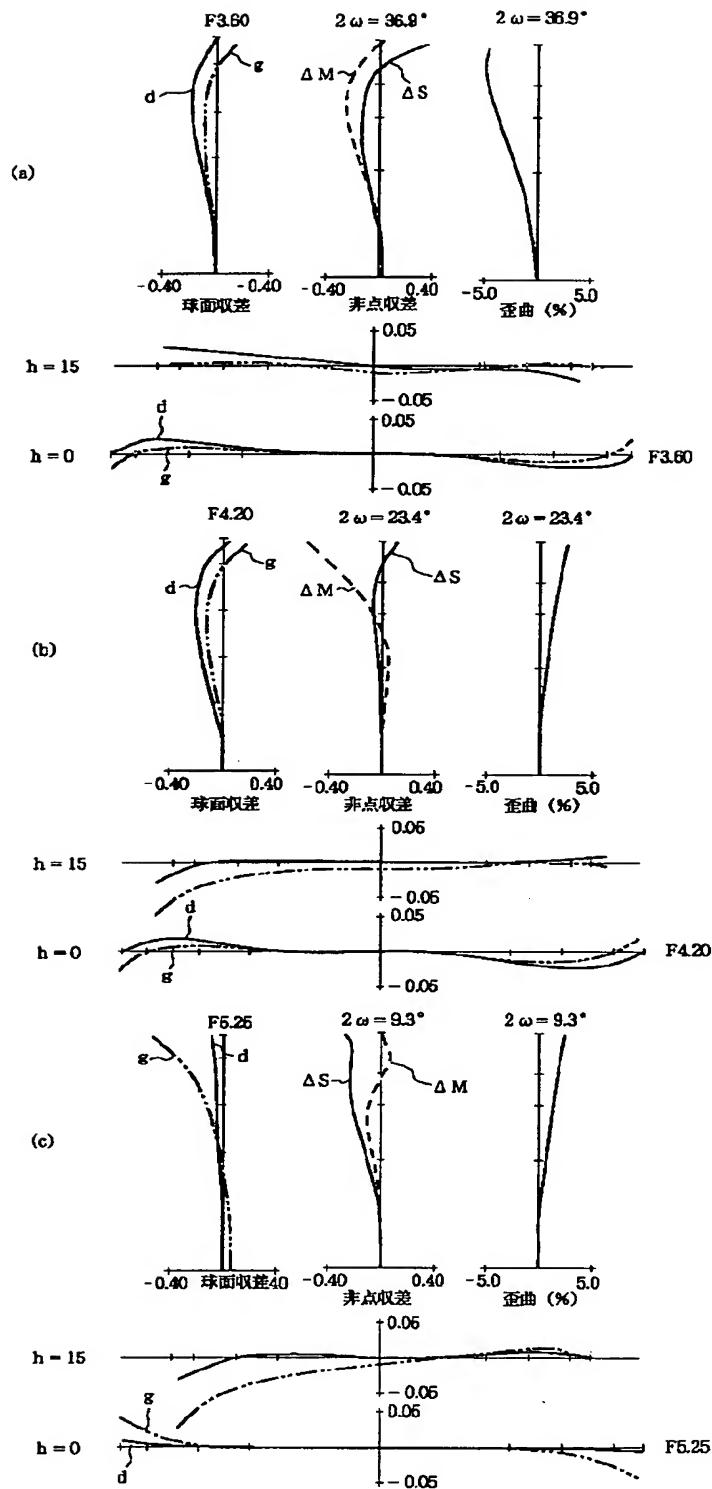
【図7】



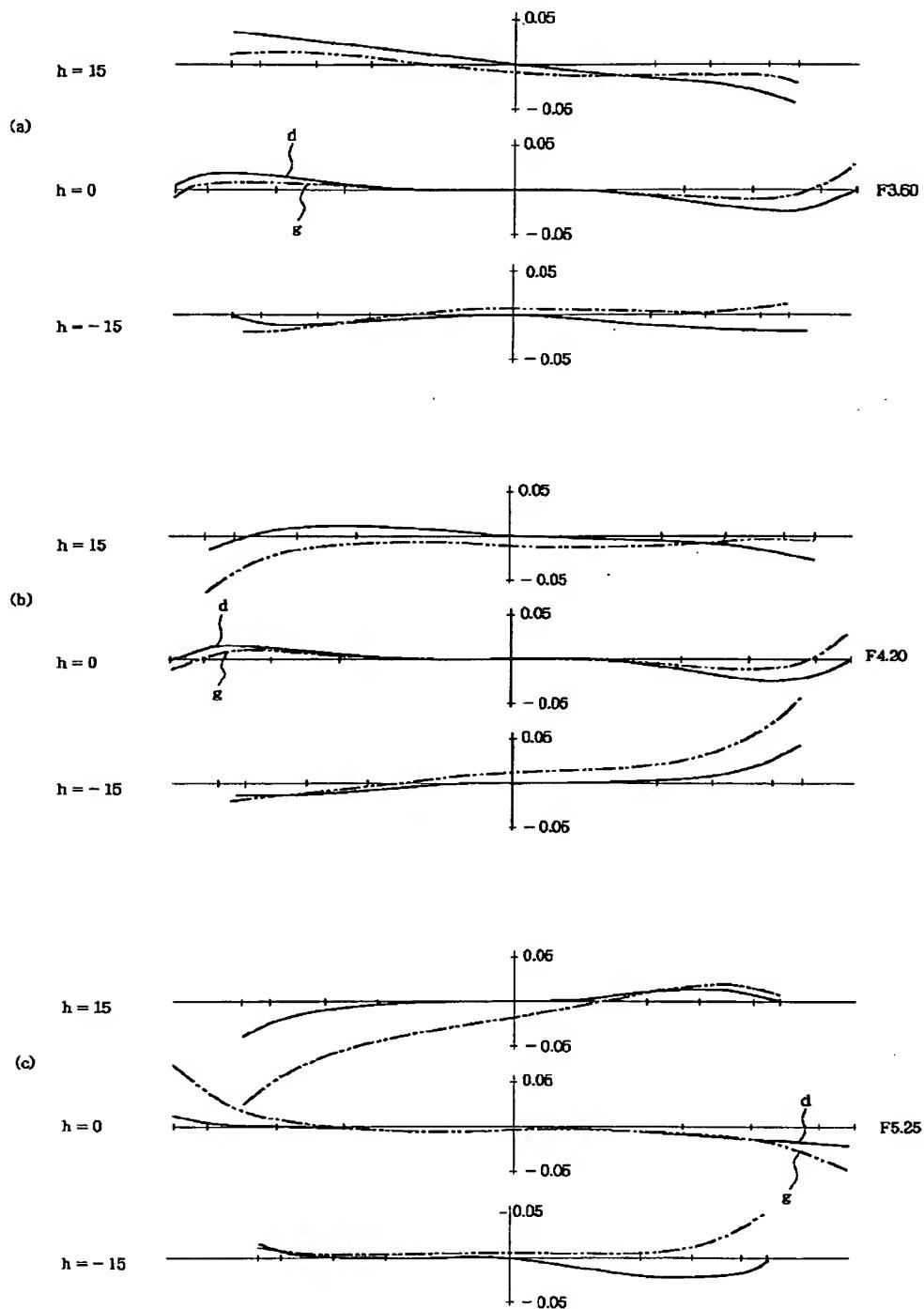
【図10】



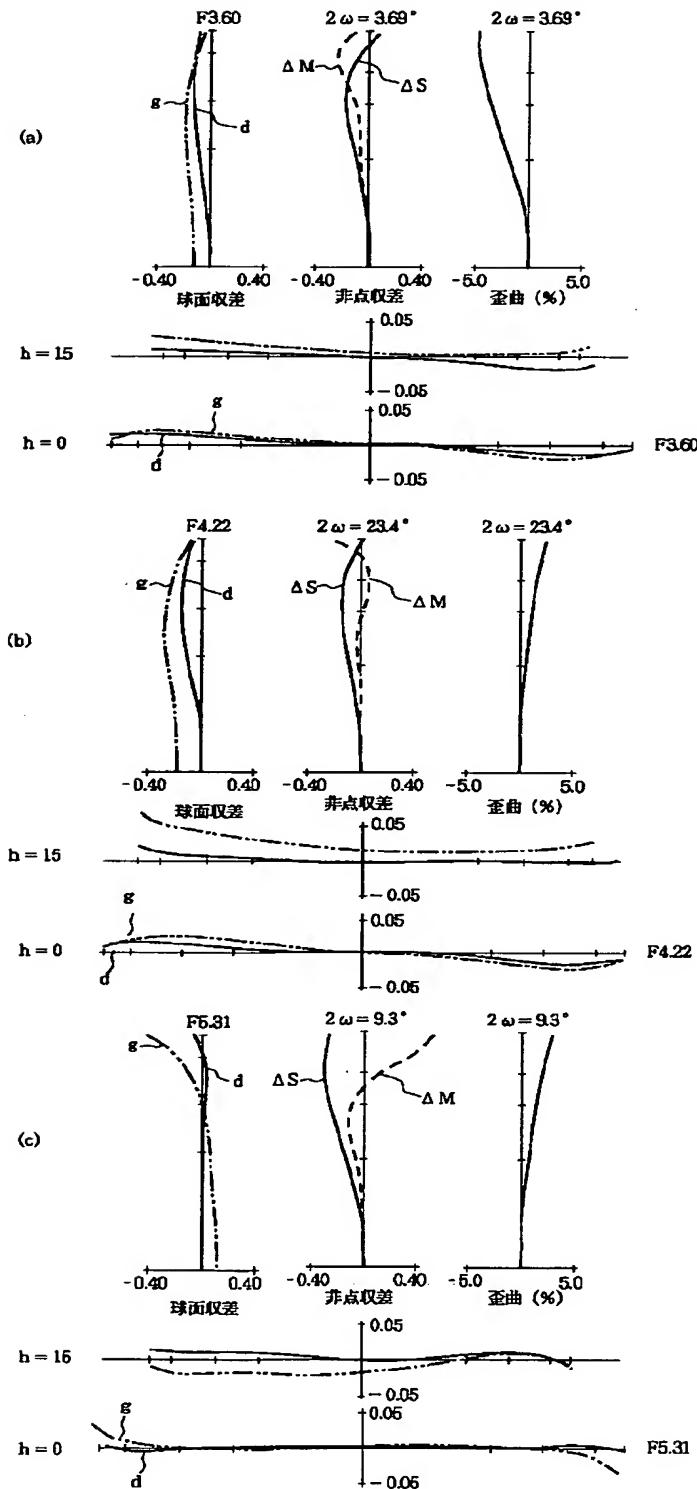
【図5】



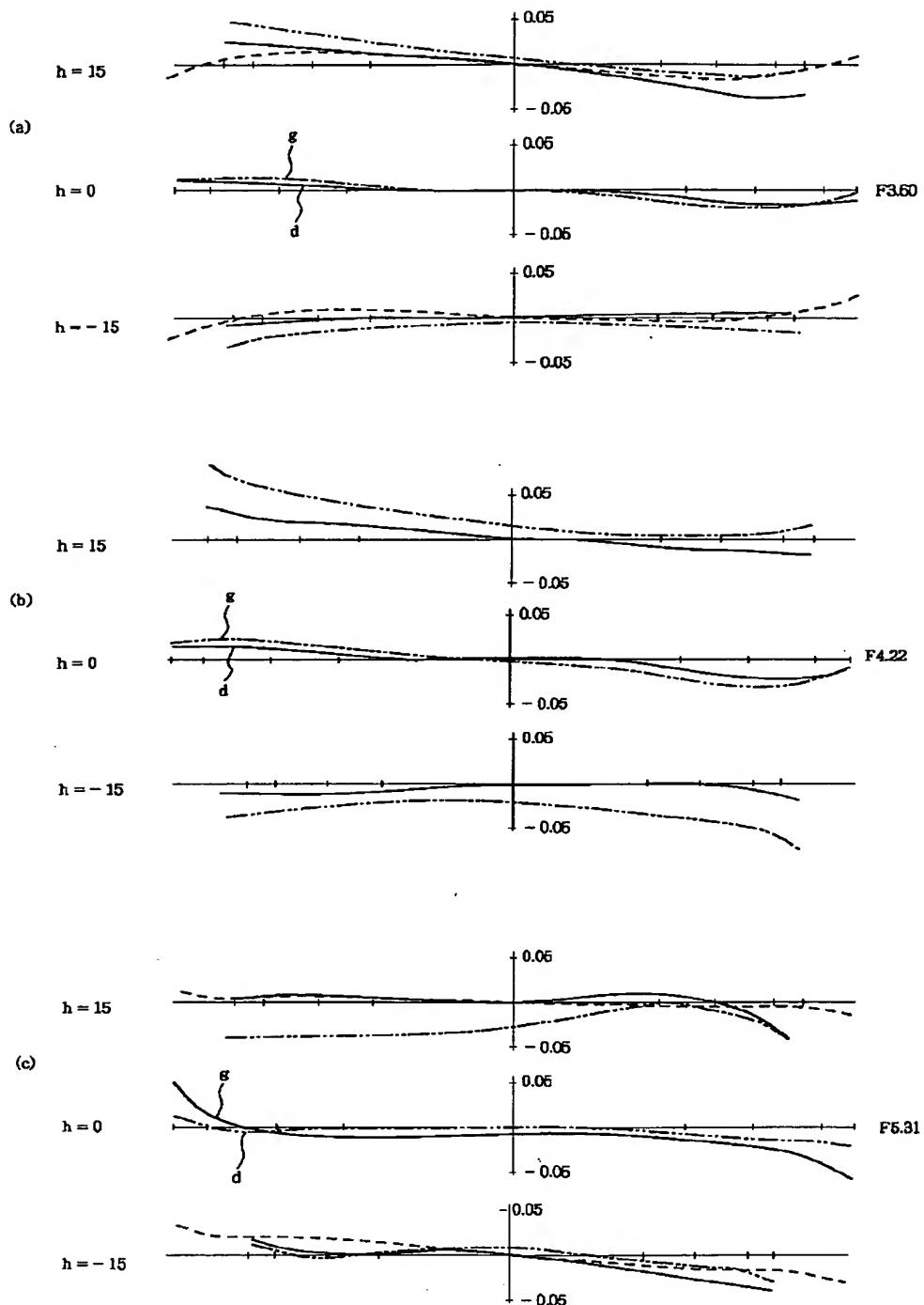
【図6】



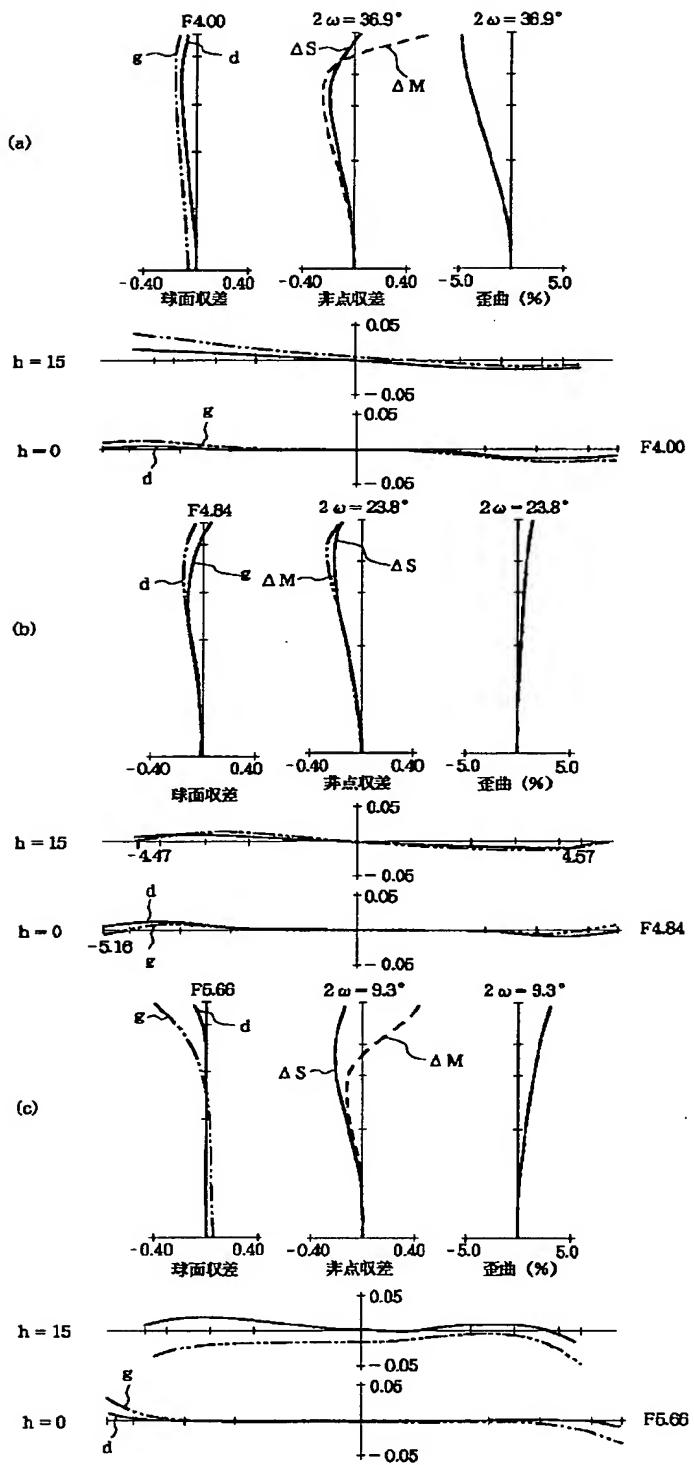
【図8】



【図9】



【図11】



【図12】

